

# カンショ育種における効率的な交配組合せの探索

雨宮昭彦

キーワード: カンショ, 育種, 交配組合せ

## I 緒言

カンショの育種は主に国の機関(現在は独立行政法人)で行われている。その育種過程を塩谷は10年サイクル育種と呼び、次のように述べている(塩谷, 2006)。まず1年目に交配により初期種子集団を作成する。2年目に種子を家系ごとに苗床に播種し、ある程度育つと地上部1本を苗として圃場に植える。圃場では通常の栽培をして結蒞性の乏しい個体を淘汰する(実生個体選抜)。3年目には系統選抜予備試験として、1個体(塊根)から8本の苗を育て、種いもの萌芽力、塊根の形状、結蒞性を基準として選抜する。4年目に1系統あたり20株を供試して、収量や品質等を標準品種や比較品種と比較して系統選抜を行う。5年目には生産力検定予備試験として、1系統あたり30~50株を2反復供試して萌芽に関する苗床での諸性質、草型など地上部の諸形質、収量、塊根の数、塊根の位置、掘り取りの難易、塊根の形状、皮色や肉色、貯蔵性など多数の項目、黒斑病・つる割病・立枯病の抵抗性検定、ネコブセンチュウ抵抗性検定がなされる。

6年目には生産力検定試験が行われる。1系統あたり50株を3反復供試して前年同様の調査を行うとともに、適応性試験として育成地以外の地域試験場に調査が委託される。そして7年目以降は生産力検定試験を継続するとともに、地域を広げた適応性試験と栽培が見込まれる産地での試作が行われる。生産力に関する成績、他の研究機関での試験、現地試験の成績を総合して、登録品種が決定されると、一般に普及される。

一方、当研究室の場合は、現地試験や病害虫抵抗性検定試験も含め、ほとんどの試験を自ら行っていること、また当初より育種年限を少しでも短縮したい意向が強かったことから、系統選抜予備試験を省略して3年目に系統選抜試験を、さらに生産力検定予備試験を省略して4年目から生産力検定試験を実施している(第1図)。

カンショの育種では、初期の段階から多数の個体を扱い、選抜が進むと1系統あたりの供試個体数や調査項目の数は大きく増加する。それぞれの段階で効率化を図っていくことも必要であるが、選抜効率を高めるためには、求める形質を具備した個体が得られる確率が高い交配組合せを明らかにすることが不可欠であると考えられる。

原料用カンショでは、収量、でん粉含量を評価基準と

機関	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目~
国(独法)	交配・採種	実生個体選抜試験	系統選抜予備試験	系統選抜試験	生産力検定予備試験	生産力検定試験 (地域試験場に委託) 適応性試験	現地試験
育種研究所	交配・採種	実生個体選抜試験	系統選抜試験	生産力検定試験 地域適応性検定試験 (畑作園芸研究室にて) 奨励品種決定試験			

注) 国の機関は、九州沖縄農業研究センターの例を示した。

第1図 カンショ育種における優良系統選抜・育成の流れ

受理日 2010年8月30日

第1表 交配親に供試した品種の特性

品種	特性
安納芋	高糖度、良食味
おいらん	うん(紫)が多く、肉色に特徴あり
クリマサリ	早掘りで良食味、難裂開
高系14号	良食味
コガネセンガン	良食味
シロサツマ	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性、多収
太白	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性
農林2号	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性、難裂開
農林5号	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性
春こがね	良食味、多収
総の秋	良食味
フサベニ	立枯病抵抗性、食味、難裂開
ベニアズマ	立枯病抵抗性、良食味
ベニコマチ	良食味
べにまさり	良食味

第2表 交配親に供試した育成系統の特性

系統	母本	父本	特性
千葉2号	ベニアズマ	太白	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性
0202-2	ベニアズマ	クリマサリ	良食味
0219-3	コガネセンガン	高系14号	うんが多く、肉色に特徴あり
0302-2	ベニアズマ	ベニコマチ	つる割病抵抗性
0304-1	ベニアズマ	総の秋	立枯病抵抗性、良食味
0305-3	ベニアズマ	クリマサリ	立枯病抵抗性、良食味
0316-3	ベニコマチ	クリマサリ	良食味
0317-9	ベニコマチ	フサベニ	サツマイモネコブセンチュウ抵抗性
0319-1	コガネセンガン	ベニアズマ	立枯病抵抗性

して交配親の組合せ能力検定試験が行われてきたが、食用の場合は、評価基準が外観品質や食味、耐病虫性、貯蔵性等多岐にわたる上、数量化しにくいいため、交配組合せが両親の表現型での特性を重視したのみで恣意的に決定されていた(久木村ら, 1990)。塩谷は「交配組合せは前年の選抜試験の成績、とくに注目する性質、不和合群にもとづいて関係者間の相談により決められる」(塩谷, 2006)と述べている。耐病虫性や貯蔵性のような遺伝力の高い形質を組み入れたい場合などは効率はあまり問題とはならないが、形状や食味等、一般的な品質の向上を目標とする場合には、選抜基準を満たす個体を生む確率の高い交配組合せを明らかにし、その組合せで大量採種することが重要である。

個体選抜試験では次の基準で選抜を行っている。つまり、(1)いもの肥大が良い、(2)高単価のM・L級のいものが多い、(3)いもの形状は紡錘形からやや長紡錘形、(4)いもの表面が滑らか、(5)1株の中で、いもの大きさや形状の揃いが良い、(6)障害等の発生がない、あるいは軽微である、(7)蒴梗の長さが適当で太すぎない、である。

ここでは、上記の選抜基準のもとに実際に行った個体選抜の結果から選抜効率を求め、効率的な交配組合せの探索を行った。その結果、これまでに実施した交配組合せの中から、効率的な交配組合せと非効率で排除すべき交配組合せを明らかにしたので報告する。

## II 材料及び方法

### 1. 分析に用いたデータ

2002年から2008年までに交配を行い、それぞれその

翌年に個体選抜試験を行った交配組合せの選抜データをもとに、選抜期待値及び選抜効率の2つの指標を導入して分析を行った。なお、個体選抜試験において、供試個体数が50未満の交配組合せは除外した。

また、育種目標は「線虫害に強く、裂開しにくい良食味品種」であり、交配親は既存品種及び当研究室で育成した系統の中から育種目標に沿ったものを選択した(第1表, 第2表)。

#### (1) 選抜期待値

各年の選抜個体総数を各交配組合せの供試個体数比率で比例配分した値で、各交配組合せの供試個体数から期待される計算上の選抜個体数である(nは各年の交配組合せ数)。

$$(\text{選抜期待値})_i = \sum_{i=1}^n (\text{選抜個体数})_i \times \frac{(\text{供試個体数})_i}{\sum_{i=1}^n (\text{供試個体数})_i}$$

(注) (選抜期待値)<sub>i</sub>, (選抜個体数)<sub>i</sub>, (供試個体数)<sub>i</sub>はそれぞれ、i番目の交配組合せの選抜期待値、選抜個体数、供試個体数である。

#### (2) 選抜効率

選抜期待値に対する実際の選抜数の割合で、この値が100を超えて大きいほど、選抜効率がよいと判断した。

$$(\text{選抜効率})_i = (\text{選抜個体数})_i / (\text{選抜期待値})_i$$

(注) (選抜効率)<sub>i</sub>は、i番目の交配組合せの選抜効率である。

第3表 交配実生個体及び系統の年度別選抜状況

年度	延べ交配組合せ数	採種数	播種数	個体選抜			系統選抜			生産力検定試験等供試系統数	千葉番号付与系統数
				供試個体数	選抜個体数	選抜率(%)	供試系統数	選抜系統数	選抜率(%)		
2002	71	9,176									
2003	62	10,519	7,213	3,201	196	6.1					
2004	48	3,671	7,068	1,452	60	4.1	196	10	5.1		
2005	53	5,062	3,557	1,747	143	8.2	56	12	21.4	10	
2006	79	8,526	4,953	3,222	108	3.4	138	11	8.0	17	
2007	50	5,102	7,436	4,396	126	2.9	106	5	4.7	14	
2008	31	883	5,855	2,796	78	2.8	119	6	5.0	11	
2009	30	859	2,822	1,879	108	5.7	78	6	7.7	12	
計	424	43,798	38,904	18,693	819	4.4	693	50	7.2	64	5

注) 生産力検定試験等供試系統数は、当該試験に2年以上供試する系統があるため、選抜系統数より多くなる。

第4表 選抜効率区分別の個体選抜状況

選抜効率区分	組合せ数		供試個体数	選抜個体数	選抜率(%)	選抜期待値	選抜効率(%)
	延べ数	実数					
100%を超える	47	40	113.9	7.5	7.1	4.7	171
0%超100%以下	69	51	122.6	3.6	3.0	5.7	64
0%	16	15	76.6	0.0	0.0	2.4	0
計	132	87					

## 2. 分析手順

(1) まず選抜効率が100%を超える交配組合せを抽出した。

(2) 同一の交配組合せが複数年で用いられ、ある年は選抜効率が100%を超えているが、別の年では超えていない可能性もあるため、100%を超えた交配組合せについては、他の年のデータもあわせて抽出した。

(3) 複数年で用いられた交配組合せについては、すべての年において選抜効率が100%を超えている組合せを、また1年のみの交配組合せについては200%以上の組合せを効率的な交配組合せとした。

(4) あわせて、選抜系統(系統選抜試験で選抜された系統)及び千葉番号を付与した優良系統の交配組合せを抽出し、得られた交配組合せの能力を確認した。

## III 結果及び考察

### 1. 年度別選抜状況

新品種育成強化促進事業(Ⅱ期)が始まった2002年度から同事業(Ⅲ期)の中間年に当たる2009年度までの交配組合せ数、採種数、播種数、供試数、選抜数等を第3表に示した。この8年間に43,798粒を採種、実生苗18,693本を植え付けて819株を個体選抜し、このう

ち693個体から苗を増殖し、圃場試験により50系統(34組合せ)を選抜した。延べ64系統を生産力検定試験等に供試し、特に有望と認められた5系統に千葉番号を付与した。

### 2. 効率的な個体選抜のための交配組合せの探索

個体選抜試験において、供試個体数が50以上の、延べ132組合せ(実数87)のうち、選抜効率が100%を超える組合せは、延べ47(実数40)あった。供試個体数の平均は114、選抜期待値は4.7、選抜個体数は7.5株で選抜効率は171%であった(第4表)。このうち、交配・採種及び個体選抜試験を複数年実施し、すべての選抜効率が100%を超えた「太白」×「0316-3」、 「ベニアズマ」×「べにまさり」、 「べにまさり」×「ベニアズマ」の3組合せと、1年実施して200%以上であった「千葉2号」×「0316-3」、 「0219-3」×「ベニアズマ」、 「0302-2」×「べにまさり」、 「安納芋」×「べにまさり」、 「太白」×「0202-2」、 「ベニコマチ」×「0319-1」の6組合せの計9組合せを効率的な交配組合せとした(第5表)。

一方で、選抜効率0%、つまり1株も選抜されなかった組合せが延べ16(実数15)あった。優良遺伝子の集積を図るような場合を除き、このような組合せは排除すべきである(第6表)。

第5表 効率的な交配組合せ

母本	父本	交配 番号	供試 個体数	選抜 個体数	選抜率 (%)	選抜 期待値	選抜効率 (%)
太白	0316-3	0628	93	3	3	2.7	113
		0720	71	5	7	2.0	256
ベニアズマ	べにまさり	0411	93	16	17	7.6	210
		0601	125	8	6	3.6	223
		0702	172	5	3	4.7	106
		0802	62	13	21	3.6	365
べにまさり	ベニアズマ	0414	207	27	13	16.9	159
		0607	103	4	4	3.0	135
		0811	81	15	19	4.7	322
千葉2号	0316-3	0728	102	7	7	2.8	249
		0219-3	ベニアズマ	0549	105	12	11
0302-2	べにまさり	0654	78	6	8	2.2	268
安納芋	べにまさり	0637	151	13	9	4.3	300
太白	0202-2	0625	64	4	6	1.8	218
ベニコマチ	0319-1	0636	69	4	6	2.0	202

第6表 排除すべき交配組合せ

母本	父本	交配 番号	供試 個体数	選抜 個体数	選抜率 (%)	選抜 期待値	選抜効率 (%)
0201-2	ベニコマチ	0542	59	0	0	2.0	0
0302-2	クリマサリ	0655	78	0	0	2.2	0
0305-3	クリマサリ	0660	102	0	0	2.9	0
0305-3	コガネセンガン	0733	102	0	0	2.8	0
0319-1	太白	0670	55	0	0	1.6	0
クリマサリ	0201-2	0617	64	0	0	1.8	0
クリマサリ	ベニアズマ	0614	72	0	0	2.1	0
クリマサリ	ベニアズマ	0717	54	0	0	1.5	0
コガネセンガン	0305-3	0715	147	0	0	4.0	0
コガネセンガン	ベニアズマ	0712	79	0	0	2.2	0
太白	0304-1	0626	77	0	0	2.2	0
太白	0305-3	0627	53	0	0	1.5	0
ベニアズマ	ベニコマチ	0604	103	0	0	3.0	0
ベニコマチ	0304-1	0722	68	0	0	1.9	0
ベニコマチ	0305-3	0723	54	0	0	1.5	0
ベニコマチ	春こがね	0418	58	0	0	4.7	0

### 3. 得られた交配組合せの妥当性評価

上で求めた効率的な交配組合せは、すなわち育種の第一段階である個体選抜の条件を満たす優良な個体を生む確率の高い組合せである。品種育成の観点からは、これらの組合せが系統選抜試験をクリアし、さらにその先の生産力検定試験等でも高い能力を発揮しうるかどうかの評価が必要である。

これまでに系統選抜試験で選抜された50系統の交配組合せを第7表に示した。効率的な交配組合せのうち、「0302-2」×「べにまさり」から1系統、「ベニアズマ」×「べにまさり」から2系統、「べにまさり」×「ベニ

アズマ」からは4系統が選抜された。また、千葉番号を付与した優良系統のうち、良食味の「千葉3号」は「ベニアズマ」×「べにまさり」(交配番号0411)の組合せから、同じく良食味の「千葉4号」は「べにまさり」×「ベニアズマ」(交配番号0414)の組合せから育成された。

これらの評価については、データの蓄積を待たねばならないが、本報で明らかにした効率的な交配組合せは、現時点において個体選抜だけではなく、系統選抜以降のより高次の選抜基準を満たす系統を生む可能性を持つ組合せであると考えられる。

第7表 交配組合せ別系統選抜数及び千葉番号付与系統数

母本	父本	交配 番号	系統 選抜数	千葉番号付与 系統数(系統名)	効率的な 交配組合せ
0302-2	べにまさり	0654	1		○
0304-1	0316-3	0732	1		
0304-1	コガネセンガン	0729	1		
0304-1	ベニコマチ	0731	1		
0305-3	0316-3	0735	1		
おいらん	農林5号	0223	1		
おいらん	ベニコマチ	0224	2		
おいらん	ベニコマチ	0517	1		
クリマサリ	ベニコマチ	0229	1		
クリマサリ	ベニコマチ	0329	1		
コガネセンガン	高系14号	0219	1		
コガネセンガン	ベニアズマ	0319	2	1(千葉1号)	
太白	ベニコマチ	0623	1		
春こがね	クリマサリ	0503	2		
春こがね	べにまさり	0403	2		
フサベニ	ベニコマチ	0409	1		
ベニアズマ	0316-3	0606	1		
ベニアズマ	クリマサリ	0202	2		
ベニアズマ	クリマサリ	0305	1		
ベニアズマ	クリマサリ	0507	2		
ベニアズマ	高系14号	0301	1		
ベニアズマ	太白	0201	3	1(千葉2号)	
ベニアズマ	総の秋	0304	1		
ベニアズマ	ベニコマチ	0302	1		
ベニアズマ	べにまさり	0411	1	1(千葉3号)	○
ベニアズマ	べにまさり	0601	1		○
ベニコマチ	クリマサリ	0316	1		
ベニコマチ	フサベニ	0317	3		
ベニコマチ	フサベニ	0419	1		
ベニコマチ	ベニアズマ	0313	1		
ベニコマチ	べにまさり	0420	1		
べにまさり	0305-3	0709	1		
べにまさり	安納芋	0609	2		
べにまさり	春こがね	0412	2	1(千葉5号)	
べにまさり	ベニアズマ	0414	3	1(千葉4号)	○
べにまさり	ベニアズマ	0706	1		
計			50	5	4

#### 4. 効率的な交配組合せの活用

今回得られた、効率的な交配組合せによる大量採種を2010年度から開始した。今後、これらの交配組合せから得られた個体及び系統の選抜結果を追跡調査するとともに、新たな有望品種及び育成系統を用いた交配組合せを導入し、より効率的な交配組合せの探索を行う。そして、早期の新品種候補育成を目指す。

#### IV 摘 要

カンショ育種における第一段階である、個体選抜を効率的に行うための交配組合せを明らかにした。

1. これまでに実施した交配組合せの中で、現在の個体選抜基準を満たす個体を生む確率の高い、効率的な組

合せは、「ベニアズマ」×「べにまさり」、「べにまさり」×「ベニアズマ」、「太白」×「0316-3」、「千葉2号」×「0316-3」、「0219-3」×「ベニアズマ」、「0302-2」×「べにまさり」、「安納芋」×「べにまさり」、「太白」×「0202-2」、「ベニコマチ」×「0319-1」の9種類である。

2. 一方で、「クリマサリ」×「ベニアズマ」、「コガネセンガン」×「ベニアズマ」、「ベニアズマ」×「ベニコマチ」、「ベニコマチ」×「春こがね」他計15組合せからは全く選抜されておらず、排除すべきである。

3. 個体選抜効率が高い交配組合せからは、千葉番号を付与した良食味の優良系統も育成されており、大量採種組合せの候補になり得る可能性を示唆している。

## V 引用文献

- 久木村 久・小巻克巳・吉永 優(1990) 食用カンショ 育成における組合せ能力検定について 第1報 重要形質のスコアリングによる方法. 九州農業研究. 52 : 38.
- 塩谷 格(2006) サツマイモの遍歴 野生種から近代品種まで. pp. 251-258. 法政大学出版局. 東京

# The Search for Efficient Cross Breeding Combinations in Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.)

Akihiko AMEMIYA

**Key words** : sweet potato, breeding, cross combination

## Summary

The purpose of this study is to identify efficient cross breeding combinations to use for individual selection in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) breeding.

Efficient cross breeding combinations for producing individuals that satisfy current individual selection standards are as follows: 'Beniazuma' (maternal) and 'Benimasari' (paternal), 'Benimasari' and 'Beniazuma', 'Taihaku' and '0316-3', 'Chiba 2' and '0316-3', '0219-3' and 'Beniazuma', '0302-2' and 'Benimasari', 'Annoimo' and 'Benimasari', 'Taihaku' and '0202-2', 'Benikomachi' and '0319-1'.

On the other hand, 15 cross breeding combinations between 'Kurimasari' and 'Beniazuma' etc. did not produce any individuals that satisfied the selection standards. These combinations should be eliminated.

The cross breeding combinations produced with high efficiency also have produced excellent lines. This result suggests that candidates will emerge from this breeding program that are suitable for large scale seeding.